

## **АДГЕЗІЙНЕ ЗБАГАЧЕННЯ ТОНКОДИСПЕРСНОГО ЗОЛОТА**

Виконано аналітичний огляд досліджень нового напрямку збагачення тонкодисперсного золота – адгезійного метода. Показана його перспективність.

**Ключові слова:** тонкодисперсне золото, адгезійне збагачення, гранули-носії, агломерація.

Выполнен аналитический обзор исследований нового направления обогащения тонкодисперсного золота – адгезионного метода. Показана его перспективность.

**Ключевые слова:** тонкодисперсное золото, адгезионное обогащение, гранулы-носители, агломерация.

Рядом наукових центрів в США, Австралії, Великобританії, Росії активно розробляється новий напрямок збагачення тонкодисперсного золота та інших гідрофобних пиловидних корисних копалин шляхом селективної адгезії олеофільних частинок руди на спеціальних адгезійно активних гранульованих носіях. Область застосування цього процесу широка - вона включає рудну сировину крупністю від 10 мкм до 0,5 мм, яка характерна для ряду золотоносних родовищ України. Процес адгезійного збагачення в порівнянні з сучасними технологіями-аналогами вигідно відрізняється високою ефективністю та більшою екологічною чистотою. Важливість екочистоти адгезійного процесу в порівнянні з традиційно застосовуваним для збагачення золота ціануванням має непересічне значення в умовах густонаселеної України.

Аналітичний огляд адгезійного збагачення тонкодисперсного золота у вітчизняній практиці робиться вперше.

Адгезійне збагачення, основане на фізико-хімічних властивостях поверхонь адгезива та субстрата на емпіричному рівні було відоме і використовувалося з давніх давен. Природна олеофільність та гідрофобність золота раніше використовувалася в збагаченні на жирових лотках та столах.

За останні 10-15 років процес адгезійного збагачення золота отримав новий новий поштовх розвитку. Рядом закордонних фірм розроблено декілька варіантів цього процесу. Розглянемо і проаналізуємо їх.

### **1. Агломерація “вугілля-золото” (процес CGA компанії “British oil and minerals” та “Davy McKee”) [1-6].**

Руда спочатку піддається грохотінню, а потім подрібнюється. Рудна пульпа кондиціонується ПАР, після чого переміщується з вугільно-нафтовими гранулами в послідовно встановлених чанах з механічною агітацією. Золото видаляється в гранули. Останні відокремлюються від пустої породи, наприклад флотацією, і направляють в оборот для контакту зі свіжою пульпою. Таким чином досягають необхідного ступеня насичення

гранул золотом. Вилучення золота з “навантажених” гранул здійснюють спалюванням з наступною плавкою золи.

Процес досліджено в лабораторних умовах на установці продуктивністю 20 кг/год (по руді) [1, 3, 5, 6] та випробувано на напівпромисловій установці продуктивністю 1 т/год [4]. Сировиною були прийняті руди різних типів: золото-кварцова суміш, гравітаційний концентрат, хвости збагачення.

Як сировина для одержання гранул-носіїв використовувалося вугілля шахти “Tahmoor” компанії “BP Coal Australia”. Крупність вихідного вугілля складала – 0,05 мм [5].

Як зв’язуюче використано газойль густиною 840 кг/м<sup>3</sup>. Витрати реагента-зв’язуючого 15-25 мас. %.

Для кондиціонування руди перед власне адгезійним збагаченням використовують флотаційні колектори-збирачі, які підвищують олеофільність частинок золота. В процесі CGA як колектор використовували амліксантат калію при його витратах 200-500 г/т вихідної руди [5]. При цьому кондиціонування здійснювали протягом 5 хв. при інтенсивній агітації пульпи, яка реалізовувалася в імпульсній мішалці зі швидкістю обертання ротора 750-1500 хв-1.

Оперція приготування гранул-носіїв виконується окремо, очевидно, за хорошою відомою технологією масляної грануляції (агломерації) [10-19], адаптованої для умов і вимог процесу адгезійного збагачення золота.

Власне адгезійне збагачення (адгезійна концентрація) здійснюється в агітаторах при інтенсивному перемішуванні водо-рудної пульпи з вуглемасляними гранулами в імпульсній мішалці при швидкості обертання імпульсера 750-1500 хв-1 [5].

*Результати досліджень процесу CGA.* Встановлено, що на результати адгезійного збагачення залежать від ряду параметрів, зокрема від правильного кондиціонування рудної пульпи, рН середовища, речовинного складу руди, вмісту золота в руді, співвідношення “руда-гранули” і практично не залежать від концентрації пульпи. Крупність вилучаємих в гранульований концентрат частинок золота складає 500-5 мкм, але ефективність процесу дещо зменшується в області тонких фракцій та коли золото перебуває у твердому розчині. За 30 хв. агітації рудної пульпи з адгезійно активними гранулами-носіями досягається вилучення на рівні 80-99%. Причому, швидкість накопичення золота в гранулах (адгезійної концентрації) протягом 230 год. роботи напівпромислової установки на руді з вмістом золота менше 1 г/т залишалася сталою [4], що говорить про можливість підтримки сталої адгезійної активності гранул незалежно від їх навантаженості золотовмісними частками. Ступінь же навантаженості гранул золотом в процесі CGA максимально сягав 80% [4]. За 230 год. роботи напівпромислової установки вміст золота в гранулах складав 1000 г/т [4]. Взагалі ж у дослідях зафіксовано вміст золота в

гранулах на рівні 2000-5000 г/т [5]. Після згорання гранул золя має 2-5% і більше Au. В порівнянні з іншими способами (гравітаційним, флотаційним, ціануванням) адгезійний спосіб показав найвищий результат.

Встановлено, що найкращою сировиною для адгезійного вилучення золота є [5, 7]:

- розсипний матеріал, який містить золото, що не видаляється (погано видаляється) гравітаційними методами;

- гравітаційні концентрати з низьким вмістом золота;

- легкозбагачувані руди з переважною крупністю зерен золота понад 50 мкм;

- “свіжі” та лежалі хвости гравітаційного збагачення.

Встановлено також, що раціональне вилучення на рівні понад 85% досягається при крупності подрібнення вихідної руди від 80% мінус 200 мкм до 80% мінус 90 мкм.

*Прогнозна область застосування процесу CGA* – переробка “важких”, бідних руд та відвальних хвостів. Фірми “British oil and minerals” та “Davy McKee” оголосили про продаж ліцензії на процес CGA [2]. Технічне рішення захищене британським патентом.

## **2. Процес “Карбед” компанії Carbed Pty Ltd [8, 9].**

В цьому варіанті адгезійного збагачення золота, опрацьованому в Австралії, руда і вуглемасляні гранули, виконані на основі зв’язуючих-нафтопродуктів, рухаються в режимі протитоку. На проміжних грохотах виділяються крупні гранули, а потік пульпи пропускається в наступний агрегат (контактний апарат). Таким чином, гранули залишаються у пульпі до заданого (кондиційного) насичення зернами золота. Для підтримки високих адгезійних властивостей носіїв-гранул в кожний з контактних чанів безперервно подається невелика частина зв’язуючого агента, який “підновлює” поверхню гранул. Ретур і масляні фракції вилучаються флотацією і направляються в голову процесу. Золото з гранул вилучається за допомогою органічного розчинника, яким обробляють гранулят. Це приводить до дезінтеграції гранул, після чого грануляційна речовина центрифугується. Одержаний золотоносний концентрат направляється на плавку. Розчинник дистилують і використовують повторно. Вугілля та нафтозв’язуюче рециркулюють для приготування нових гранул.

Проведені лабораторні та напівпромислові випробовування на установці продуктивністю 5 т/год. Результати збагачення руд різних класів за процесом “Карбед” наведені в табл.

Швидкість концентрації золота в гранулах-носіях досить висока. При дослідженні процесу “Карбед” встановлено, що інтенсивне перемішування пульпи забезпечує завершення процесу концентрації протягом 20-30 хв. На перших хвилинах досягається вилучення бл. 78-89 %, а за 10 хв. Воно вже складає 94-97%. З економічних міркувань дослідники процесу “Карбед”

рекомендують витримувати ступінь насичення гранул золотом на рівні від 1-5 до 10-20 кг/т.

Табл. – Вилучення золота з руд різних типів методом “Карбед”[8]

Типи руд	Вміст класу мінус 75 мкм, %	Вміст золота у головній пробі, г/т	Вилучення золота %
1. Корінні руди			
Арсенопірит/пірит-кварц	80	18,50	99,2
	80	6,11	93,2
	90	1,23	94,3
Лимоніт/пірит-кварц	70	3,43	94,8
	85	2,40	95,5
Пірит-кварц	70	1,48	79,7
Халькопірит/пірит-кварц	94	14,10	88,6
	92	12,10	84,8
Пірит/незначна кількість халькопіриту-кварцу	67	2,10	93,8
	73	2,10	95,7
Сульфіді-кварц	65	2,28	92,8
	75	2,72	95,6
2. Аллювіальні руди			
Аллювіальна глина	(-250)	0,43	91,8
Аллювіальний пісок (Квінсленд)	(-250)	0,39	98,8
		3,40	99,2
Аллювій (Північна територія)	–	1,67	98,8
Узбережні піски (Нова Зеландія)	–	0,24	98,8

Особливо сильно на результати збагачення, як і слід було чекати, впливає крупність помелу (розкриття золота, особливо з руд корінних родовищ). Дослідження показали, що при правильно вибраних режимних параметрах, зокрема витратах реагенту та інтенсивності перемішування гранули не дезинтегруються, а навпаки ростуть. Їх пересічна крупність складає 3 мм [8]. Для збагачення руд, які мають гідрофобні сульфіді доцільно застосовувати депресори та регулювання рН.

Прогнозна область застосування процесу “Карбед” – збагачення руд Au та металів платинової групи. Особливо – руд, які важко цінуються внаслідок високого вмісту міді та (або) арсену.

**3. Процес фірми Precious Mineral Technologies Pty Ltd [9]** – адгезійний спосіб вилучення благородних металів та алмазів. По суті цей процес – прототип процесу “Карбед”, його різновид (що пояснюється, зокрема, спільними авторами). Відмінність від останнього полягає в більш удосконаленому підборі реагентів-зв’язуючих. Використовують комплексне зв’язуюче, яке складається з бітума та масла (вуглеводневої рідини) у пропорції від 1:15 до 1:5. Це дає змогу зменшити дезінтеграцію гранул при їх інтенсивному перемішуванні у водно-рудній пульпі. Крупність гранулоносіїв складає 0,75-5 мм, вміст в них зв’язуючого: 1-5% бітума та 15-25% масла. Тривалість контакту пульпи з гранулами – 1-10 хв. Розвантаження гранул здійснюється періодично.

**4. Процеси-аналоги** являють собою різні варіанти флокуляційно-флотаційного збагачення золотовмісних руд або пошуки альтернативних реагентів-зв’язуючих. Так в роботі [10] як носій (агрегатуючий агент) застосовано портландцемент. В роботі [11] наведені результати попередніх досліджень з метою визначення можливості флотаційного вилучення золота з руди родовища Чадинсь-Прісполе (СФРЮ). Окрім золота (1-1,75 г/т) руда цього родовища містить мінерали міді, заліза, цинку, свинцю, кварцу і т.д. В дослідях вихідна руда подрібнювалася до крупності 60% класу – 0,075 мм. Далі процес здійснювався за двома варіантами – з попередньою селективною флокуляцією і без неї. Без флокуляції вилучення золота низьке – 36% при вмісті в концентраті 7 г/т. При попередній селективній флокуляції рідким склом, олеїною кислотою, флокулянтами Bofefloc C-45, деякими флокулянтами катіонного типу Зура вилучення золота було суттєво збільшене – до 62%. Але при цьому вміст золота в концентраті був вельми низьким – 2 г/т.

Цікавою є спроба здійснити селективне вилучення металів платинової групи і золота із застосуванням первинних, вторинних та четвертинних органічних амінів [12]. Роботи виконані на лабораторному рівні і можуть бути розцінені як пошукові.

Ще одна спроба використати ефект селективної флокуляції (агломерації), в цьому випадку разом з класичною гравітацією (флокуляційно-гравітаційний спосіб) описана в роботі [13]. Флокуло-гравітаційна технологія збагачення золотовмісних пісків включає їх подрібнення, класифікацію, селективну флокуляцію корисного компонента та розділення в гравітаційних апаратах. Селективна агломерація частинок золота досягається шляхом підбору селективних адсорбентів. Флокулянтами дрібного золота виступають гідролізований поліакриламід та хлоридний плавл. Власне процес агрегації здійснюється у апараті селективної флокуляції АСФ-1. За рахунок введення в схему збагачення селективної

флокуляції (агломерації) вилучення дрібнодисперсного золота збільшується на 25-40%.

Компанія ПАР Mintek провела крупномасштабні дослідження та випробовування технології вилучення Au на йонообмінну смолу Minix-Dowex в пульпі на фабриці New Consort компанії ET Cons (район Барбертона). Результати випробовувань оцінені як перспективні. Установка по вилученню Au мала продуктивність 5,2 т/добу [14]. Аналогічні успішні дослідження проведені при застосуванні смоли Dowex 11[15].

В роботі [16] повідомляється про екологічно чисту технологію вилучення золота “золото-парафін”, де в якості адгезійно активного носія виступають краплі розплавленого парафіну. Вилучення золота склало 40%.

Принцип флокуляції корисного компонента закладено в основу флокуло-ультразвукової технології збагачення золотовмісних пісків [17].

У найкрупнішому в Греції Університеті Арістотеля розроблено новітні технології для вилучення металів з водних розчинів за схемою: сорбція йонів металів на носіях-сорбентах (частинках піриту, цеоліту, гематиту, карбонатах лужних металів, активованому вугіллі) – флотація навантажених сорбентів. Технологія може бути застосована для вилучення золота [18].

Активно розвивається аналог технології адгезійного збагачення золота – технологія “вугілля в пульпі” в якій сорбентом-носієм золота є активоване вугілля [19, 20]. Вилучення золота за цією технологією складає 71-75%. Вміст золота у вихідному пробукту – порядка 1-2 г/т.

**5. Вітчизняні дослідження адгезійного збагачення золотовмісних руд.** За останнє десятиліття вітчизняними дослідницькими центрами були виконані декілька НДР по дослідженню процесів адгезійного збагачення золота.

*5.1. Дослідження ИРГИРЕДМЕТ-ДПІ.* В 1992 р. на замовлення інституту “ИРГИРЕДМЕТ” (м. Іркутськ) Донецьким політехнічним інститутом (ДПІ) була виконана НДР “Разработка режима формирования углемасляных гранул для процесса адгезионного извлечения золота» [21], в рамках якої розглянуті питання фізико-хімічних властивостей вугілля та зв’язуючого, використовуваних у технології масляної агломерації, зокрема агломераційна здатність вугілля та принципи підбору раціональних зв’язуючих речовин за умовою їх агрегаційної здатності. Розроблена раціональна методика одержання вуглемасляних гранул для адгезійного процесу збагачення золота. Однак, дослідження виконані на емпіричному рівні, теорія процесу не розглядалася, упущені деякі важливі моменти, зокрема явище дезінтеграції вуглемасляних гранул при їх перемішуванні в турбулентному потоці рідини (пульпи).

Виконана ДПІ робота об’єднувала по суті декілька ключових етапів НДР “Дослідження технології вилучення золота з руд та розсіпів на основі процесу адгезії”, яку виконував “ИРГИРЕДМЕТ” за договором № 9-91/2 з

НТЦ “Алмаззолотопрогресс”. Ця остання робота включала 8 етапів: 1. Огляд літературних джерел з адгезійного вилучення благородних металів [22]; 2. Вибір ефективних носіїв для процесу адгезійного вилучення золота; 3. Оцінка можливого застосування різноманітних зв’язуючих та модифікаторів у процесі адгезії золота; 4. Вивчення фізико-хімічних закономірностей формування гранул і адгезії золота; 5. Виготовлення лабораторного обладнання для формування гранул; 6. Вивчення дії речовинного складу рудної сировини на показники адгезійного вилучення золота. 7. Вивчення процесу флотації вуглемасляних комплексів. 8. Розробка принципової технології вилучення золота з руд та розсіпів на основі процесу адгезії. На останньому етапі в червні 1992 р. за участю ДПП проведене укрупнене лабораторне (стендове) випробовування процесу адгезійного збагачення золота за схемою, представленою на рис.1.3. Режим масляної агрегації вугілля: вода:вугілля:мазут = 5:1:0,4. Режим кондиціонування: концентрація твердого в пульпі 33%; тривалість агітації пульпи 10 хв. Адгезійне збагачення здійснювалося в каскаді чотирьох переливних ємкостей (об’ємом 1 л кожна) обладнаних імпульсними мішалками при окружній швидкості 1350 хв-1. Об’єктом збагачення служили хвости гравітаційного збагачення руди з рудника “Многовершинное” (ВО “Приморзолото”). Вміст Au у вихідному продукті складав 7,0 г/т, Ag – 17,4 г/т. Процес вели в такому порядку: у рудну пульпу завантажували вуглемасляні гранули (одноразова загрузка 7,5 %), перемішували (агітували) суміш 1 год, далі подавали пульпу у неперервному режимі 7 діб. Через кожні 2 год. в кожную з камер для відновлення адгезійної здатності вуглемасляних гранул добавляли порцію мазута. Через 4 доби після початку випробовування вміст Au у твердій фазі пульпи знизився до 2,3г/т (видалення 64,6%), у другій 2,2г/т (видалення 66,1%), у 3-й – 2,0г/т (видалення 69,2%), 4-й – 1,9г/т (70,7%). В цілому досягнуто таких показників. Вміст у хвостах: Au – 1,3-2,3 (середній 1,9) г/т; Ag – 7,5-12,6 (середній 9,6) г/т. Видалення: золота – 70,8%; срібла – 44,2%. Сумарне видалення з урахуванням флотації: золота – 80%; срібла – 73,8%. Вміст золота у хвостах флотації: 1,1-1,6 (середній 1,3) г/т; срібла 4,2-4,7 (середній 4,5) г/т.

Висновки, зроблені по результатам випробовування технології ИРГИРЕДМЕТА-ДПП: 1. Випробовування підтвердили принципову придатність технології. 2. Відвальних хвостів отримати не вдалося, що пояснюється наявністю мікроскопічного золота і золота у зростках. 3. Перспективним об’єктом для адгезійного збагачення є руда родовища “Мастак” (Куларзолото).

Отже, проведені дослідження носили виключно експериментальний характер, виявили необхідність оптимізації режиму збагачення, більш ґлибокого вивчення його закономірностей на теоретичному рівні, зокрема

висвітлили проблему збагачення надтонкого золота (мікронних фракцій) [23, 24].

5.2. *Дослідження ДПІ – ІБКХ НАН України.* Розвитком досліджень ИРГИРЕДМЕТА-ДПІ стала НДР “Исследование процессов масляной агломерации угля как основы адгезионного обогащения золота”, виконана ДПІ згідно пропозиції Інституту біологічної хімії НАНУ [25]. В рамках цієї роботи було докладно, але головним чином на емпіричному рівні (теоретичні елементи носили описовий характер) розглянуто процес утворення вуглемасляних гранул-носіїв, подані феноменологічна, структурно-факторна та математична моделі процесу масляної агломерації, а також спільно з Інститутом біологічної хімії НАН України виконана лабораторна апробація адгезійного методу вилучення золота. Особливо важливими були нові дослідження, виконані спільно з Інститутом біологічної хімії НАН України по концентрації субмікронного золота на адгезійно активних частинках золота. Емпірично було встановлено, що при модифікації вуглемасляних гранул краунефіром адгезійна концентрація субмікронного золота на вуглемасляних носіях суттєво збільшується. Разом з тим слід підкреслити, що отримані результати не були пояснені з теоретичної точки зору [26, 27].

5.3. *Дослідження Донецького державного технічного університету.* В 1999-2000 рр. ДонДТУ була виконана НДР “Розробка наукових основ процесу адгезійного збагачення тонкодисперсного золота” [28], яка розвинула більш ранні розробки теорії та технології процесу адгезійного збагачення золота. Зокрема одержано математичні моделі процесу пелетування гранул-носіїв. Запропонована і обґрунтована нова двостадійна технологічна схема одержання гранул-носіїв процесу адгезійного збагачення. Сформульовані рекомендації щодо раціональної конструкції агітаційних апаратів реалізації процесу адгезійного збагачення. Експериментальними дослідженнями підтверджено ефект суттєвого підвищення ефективності адгезійної концентрації частинок субмікронного золота на гранулах-носіях модифікованих краун-ефіром. Одержана модель елементарного акту процесу збагачення – адгезійного контакту поверхонь “вуглемасляна гранула – золото”.

Таким чином, огляд закордонних та вітчизняних досліджень показує, що, по-перше, в галузі адгезійного способу збагачення золотовмісних руд та його аналогів успішно зарекомендували себе ряд запропонованих технічних рішень. На їх основі ще у 1987 р. було запропоновано проєкт збагачувальної фабрики потужністю 2 млн.т.руди на рік, яка повинна була працювати в австралійському штаті Вікторія на хвостах збагачення золотодобувних копалинь Ballat та Bendigo, вироблених в 1850-70 рр. при вмісті Au у вихідній сировині 0,5 г/т [29]. В роботі [30] запропоновано використати адгезійний метод для збагачення золотовмісних руд Алжиру. По-друге, цікавим і вельми показовим є той факт, що практично всі новітні технології збага-



чення тонкодисперсного або йонного золота будуються за схемою використання носіїв, які потім вилучаються з пульпи флотацією чи іншим способом. За цією ж схемою побудовано й адгезійний спосіб збагачення золота. По-третє, слід констатувати в основному експериментальний характер виконаних робіт, без належного наукового (теоретичного) аналізу – окрім роботи ДонДТУ[28], в якій розглянуті основні теоретичні аспекти процесу.

Разом з тим, виконані НДР та випробовування нових технологічних процесів адгезійного збагачення показали, що головними проблемами цього процесу є: - можлива дезінтеграція вуглемасляних гранул при їх перемішуванні у водорудній пульпі, яка виражається у подрібненні гранул-носіїв, утворенні ретуру; - забезпечення стабільної високої адгезійної активності (липкості) вуглемасляних гранул-носіїв по відношенню до поверхні золота протягом усього процесу адгезійної концентрації.

В цілому проведений аналіз показує перспективність подальших досліджень процесу адгезійного збагачення тонкодисперсного золота.

## ЛІТЕРАТУРА

1. House C.I., Townsend I.G., Veal C.J. Агломерація вугілля-золото. Coal Gold Agglomeration/International Mining. – 1988, September. –P.17-19. No. 8070. – P. 382.
2. Ліцензія на вугільно-агломераційний процес вилучення золота. Licences vor Coal-Gold Agglomeration Process// Mining J. – 1990. – 314. No. 8066. – P. 297-298.
3. Bonney C.F. Агломерація вугілля-золото – новий підхід до вилучення золота. Coal-Gold Agglomeration - new approach to Gold Recovery// Randjl Gold Forum 88, Scottsdale, Arizona. – 1988, 23-24 January.
4. House C.I., Townsend I.G., Veal C.J. Напівпромислова переробка хвостів шляхом агломерації вугілля-золото. Coal-Gold Agglomeration – Pilot Scale Retreatment of Tailings// Randol International Gold Conference. - Perth, Australia. – 1988, November.
5. Bellamy S.R., House C.I., Veal C.J. Вилучення тонкого золота з розсипної руди шляхом агломерації вугілля-золото. Recovery of Fine Gold from the Placer Ore by Coal-Gold Agglomeration// Gold Forum on Technology and Practices: “World Gold’89” – Litterton, Colorado, USA; 1989. – P. 347-352.
6. Агломерація вугілля-золото. Coal-Gold Agglomeration// Mining J. – 1990. – 314. No. 8070. – P. 382.
7. Информационная записка по НИР “Испытание технологии извлечения золота из руд и россыпей на основе процесса адгезии”. Иркутск: ИРГИРЕДМЕТ. – Рук. НИР В.К.Чернов. – 1991. – 14 с.
8. Cadzow M., Lamb R. Вилучення золота методом “Карбед”. Carbed Gold Recovery// Gold Forum on Technology and Practices. – “World Gold’89”. – Citterton, Colorado, USA. – 1989. P. 375-379.
9. Патент Австралії 589291. MKI B03i 005/02, C22B 001/244. Вилучення алмазів і благородних металів. Recovery of diamonds and noble metals// Mainwaring David, Cadzow Mark. – Precious Mineral Technologies Pty Ltd - № 77231/87; Заявл. 21.08.86; Опубл. 05.10.89.
10. McClelland G.E., Hill S.D. Silber and gold recovery from low-grade resources// Mining Congress Journal. – 1981. – May. – P. 17-41.
11. Визначення можливості вилучення золота з руди родовища Чадиньє-Приполе (СФРЮ) методом флотації. Ispitivanje mogučnosti valorizacije zlata iz rude ležišta Čadinje-Prijepolje primenom postupka flotacije/Dinić M., Anđelković B., Vujičić L.//Rud.glas.-1987.-№4.-C.33-38.
12. Dhara S.C. Селективна екстракція благородних металів органічними амінами. Slovent extraction of precious metals with organic amines. “Precious Metals: Mining, Extr., and

Process. Proc. Int. Symp. AIME. Annu. Meet., Los Angeles, Calif., Febr. 27-29, 1984". Warrendale, Pa, 1984, 199-226. ISBN 089520-469-X US (англ.)

13. Ковалев А.А. Флокуло-гравитационная технология обогащения золотосодержащих песков // Горный журнал - 1992, №1. – С. 53-55.

14. Промислові випробовування сорбції золота на смоли в пульпі. Pilot test for MINRIP // Mining J. – 1998/ - 331, 8489/ - С. 45.

15. Alguacil F.J. Вилучення тетрахлоридного комплексу золота з використанням іонообмінної смоли Dowex 11// Rev. Met./CENIM. – 1998. – 34. С. 376-380.

16. Hamelmann Cristina R.A., Lins Fernando F. Екологічна технологія вилучення золота: процес "золото-парафін". A non-polluting technology to recover gold: gold-paraffin process// Proc. 20 th Int. Miner. Process. Congr., Aachen, 21-26 Sept., 1997. Vol. 3. – Clausthal-Zellerfeld/ - 1997/ - С. 659 .

17. Ковалев А.А. Основные проблемы и высокоэффективное оборудование для комплексной переработки золотосодержащих песков // Рац. Освоение месторожд. Полез. Ископаемых Дольнего Востока / Ин-т горного дела. – Владивосток, 1997. – С.100-105.

18. Соложенкин П.М., Небера В.П. Новейшие технологии извлечения металлов из разбавленных водных растворов // Цветная металлургия. – 1999. - 10. – С. 6-10.

19. Великі прибутки маленької фірми. Small firm reaps big reward / Syddell Mike // Austral Mining. – 1999. 91; 4. – С. 14.

20. Виробнича діяльність компанії Aurora Gold. Aurora Gold: mining operations // Mining J.- 1998/ - 42; 1. – С. 36.

21. Разработка режима формирования углемасляных гранул для процесса адгезионного извлечения золота: Отчет о НИР/Донецкий политехнический институт; Руководитель А.Т.Елишевич. – № 92-34. – Донецк, 1992. – 60 с.

22. Информационная записка о НИР «Изыскание технологии извлечения золота из руд и россыпей на основе процесса адгезии»: Отчет о НИР (Этап 1. Обзор); Руководитель работы В.К.Чернов. Иркутск, 1991, 14 с.

23. Разработка экологически безопасной технологии извлечения золота из рудного сырья на основе процесса адгезии // В.С.Белецкий, В.П.Бескровная, Г.Б.Рашковский, О.Н.Тихонова, В.К.Чернов. - Тезисы международной конфер. Сиб'Эко-93. - Иркутск, 24-27 августа 1993, С. 6-7.

24. Использование масляной грануляции угля в технологии обогащения россыпных благородных минералов / В.С.Белецкий, А.Т.Елишевич // Переработка мелкодисперсных углей и углесодержащих материалов. - Донецк: ЦБНТИ Минугля Украины. - 1993. - С.21-24.

25. Исследование процессов масляной агломерации угля как основы адгезионного обогащения золота : Отчет о НИР / Донецкий политехнический институт; Руководитель В.С.Белецкий – № гос. регистрации UA 01001064Р. – Донецк, 1993. – 79 с.

26. Белецкий В.С., Елишевич А.Т. Адгезионный метод извлечения золота из руд и россыпей // Сборник информационных материалов международной конференции «Благородные и редкие металлы-94», 19-22 сентября 1994 г, Донецк. – 1994, С.25-26.

27. Белецкий В.С., Елишевич А.Т. Использование масляной грануляции угля в технологии обогащения россыпных благородных минералов // Сб. «Переработка мелкозернистых углей и углесодержащих материалов». – Донецк. – 1993. – С.21-24.

28. Розробка наукових основ процесу адгезійного збагачення тонкодисперсного золота: Звіт про НДР/Донецький державний технічний університет; Керівник В.С.Білецький – № 0199U001117. – Донецьк, 2000. – 90 с.

29. Проект вилучення золота з хвостів збагачення. Sandhust project to recover gold from Australian tailings // Eng. And Mining J. – 1987, 188, № 1, P. 14-15.

30. Кхелуфи А., Самылин В.Н., Белецкий В.С. Технические решения для обогащения золотосодержащих руд Алжира. Материалы 3-й международной конференции по благородным и редким металлам. г. Донецк-Святогорск, 19-22 сентября 2000,- с.173.

Надійшла до редколегії  
16.01.2002.